

ÉTUDE ET CARTOGRAPHIE DE L'ÉROSION DES SOLS DANS UN VIGNOBLE DU SUD-EST DE LA FRANCE

Dennis FOX, Claude MARTIN, Julien GROSSO et Jean MORSCHEL ⁽¹⁾

(1) : UMR 6012 "ESPACE" du CNRS, Département de Géographie, Université de Nice-Sophia-Antipolis, 98 Boulevard Édouard Herriot, BP 3 209, 06 204 NICE cedex 03. Courriel : Dennis.Fox@unice.fr .

RÉSUMÉ : Dans le Sud-Est de la France, la vigne représente l'activité agricole dominante et une stratégie de lutte contre l'érosion nécessite une connaissance de sa répartition spatiale dans le parcellaire viticole. L'objectif de notre étude était d'élaborer une méthode de cartographie à partir de mesures d'érosion sur un secteur référence. Si les mesures de l'érosion diffuse, effectuées sur de petites placettes, ont donné des résultats peu exploitables, les valeurs de l'érosion linéaire mesurées sur le secteur référence ont pu être extrapolées à l'ensemble des parcelles du bassin versant.

MOTS-CLÉS : érosion des sols, transfert d'échelle, cartographie de l'érosion, vignobles, massif des Maures.

ABSTRACT : In South-East France, soil erosion is common in vineyards and a suitable strategy to combat erosion depends on accurate knowledge of its spatial distribution within a catchment. Soil erosion risk was mapped by measuring rill erosion within a reference zone and the relationships identified were then extrapolated to all the vineyards in the catchment.

KEY-WORDS : soil erosion, scale transfer, erosion mapping, vineyards, massif des Maures.

I - INTRODUCTION

L'érosion des sols cultivés a des impacts environnementaux qui vont au delà de l'appauvrissement du capital sol. Parmi ces impacts, nous pouvons citer l'ensablement des ports de plaisance situés sur la côte méditerranéenne, où le dépôt de sédiments dans les chenaux de navigation engendre des coûts de dragage importants. De tels problèmes d'érosion se rencontrent notamment au fond du golfe de Saint-Tropez, ce qui a motivé cette étude.

Dans les régions du Sud-Est de la France où la viticulture est l'activité agricole dominante, les sédiments ont essentiellement pour origine, outre l'érosion des berges des cours d'eau l'érosion hydrique des vignobles.

Dans le contexte viticole, de nombreux facteurs influencent les taux d'érosion, et il existe une forte variabilité entre les parcelles. Il est donc indispensable de déterminer les parcelles les plus problématiques, afin de mieux cibler les stratégies de lutte.

Classiquement, la spatialisation des risques

d'érosion se fait à l'aide de modèles empiriques, comme le Universal Soil Loss Equation (USLE), ou déterministes, comme le Water Erosion Prediction Project (WEPP) du United States Department of Agriculture (USDA). Cependant les modèles d'érosion les plus courants ont été établis pour des contextes agricoles de grandes cultures et sont inadaptés aux vignobles. De plus, le climat méditerranéen, caractérisé par des pluies de fortes intensités, diffère des climats plus tempérés dans lesquels les modèles classiques d'érosion ont été élaborés. L'évaluation de l'érosion à travers la prise en compte du poids de ses différents facteurs sur le terrain d'étude, doit donc nécessairement s'appuyer sur des observations de terrain. Mais il est bien sûr souhaitable de trouver des modes opératoires qui ne nécessitent pas des années de suivi expérimental et la mise en œuvre d'un matériel scientifique lourd et coûteux.

La démarche présentée ci-dessous vise à cartographier l'érosion des sols dans le parcellaire viticole d'un bassin versant et se subdivise en deux phases. La première consiste de mesures d'érosion sur un secteur référence représentatif de l'ensemble des parcelles du bassin versant. La seconde extrapole les relations identifiées dans la première phase à toutes les parcelles, afin

d'identifier les zones à risque à l'aide d'un système d'information géographique (SIG).

II - LE SECTEUR D'ÉTUDE

Le bassin versant de la Giscle, situé au fond du Golfe de Saint-Tropez (Fig. 1), a pour exutoire la mer Méditerranée. Avec le tourisme, la

viticulture constitue l'un des piliers majeurs de l'économie. La plupart des vignobles sont situés dans la plaine qui borde la partie inférieure du cours d'eau. Mais le développement de cette activité a parfois conduit les viticulteurs à implanter des parcelles de vigne sur les premières pentes du massif des Maures. La superficie totale des vignobles représente environ 10 % du bassin versant. Celui-ci couvre près de 235 km², et il est constitué principalement de zones forestières.

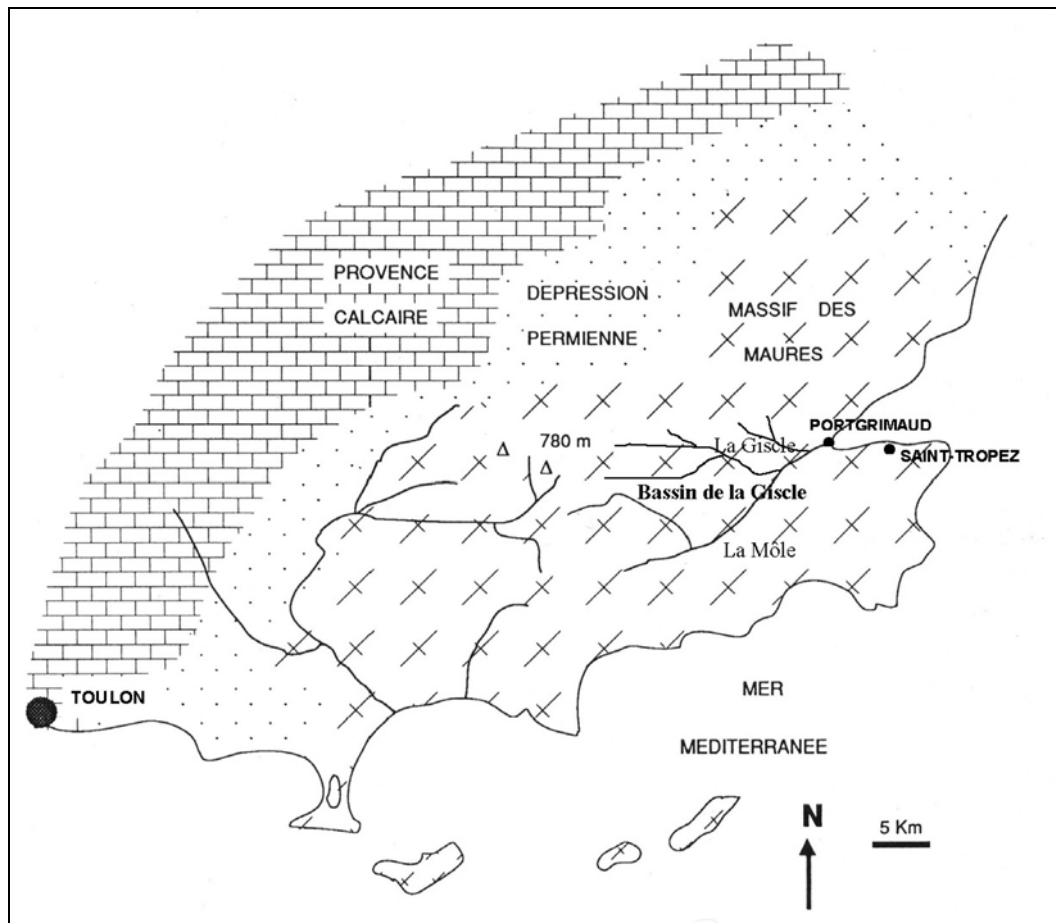


Figure 1 - Localisation du terrain d'étude.

Le massif des Maures, formé lors de l'orogénèse hercynienne, est constitué de roches cristallines. Sur le terrain d'étude, affleurent des granites, des gneiss, des micaschistes et des leptynites associées à des amphibolites. Les versants portent des sols peu épais, légèrement acides, caillouteux et à texture sableuse (Tab. I), apparentés aux rankers (J. PORTIER, 1974 ; C. MARTIN, 1986). À la base des versants, subsistent parfois des formations déplacées, généralement caillouteuses, à texture plus fine, mais dont l'horizon A est lessivé. Enfin, la basse vallée de la Giscle est recouverte d'alluvions, essentiellement sableuses.

Le climat est de type méditerranéen. La pluviométrie annuelle moyenne à Sainte-Maxime, en bord de mer, est de 843 mm (sur 31 ans, de 1975 à 2005), avec de fortes variations interannuelles. Les précipitations tombent principalement en automne, saison au cours de laquelle les précipitations sont parfois intenses, et en hiver. Sur les terrains viticoles du bassin de la Giscle, les précipitations annuelles moyennes varient certainement de 800 mm environ en bordure du golfe de Saint-Tropez à plus de 1000 mm dans certains secteurs à l'intérieur du massif.

Tableau I - Caractères granulométriques des sols.

	Sols sur arènes gneissiques	Sols sur arènes micaschisteuses
Argile (%)	8,5	16,0
Limons (%)	6,5	6,0
Sables (%)	84,9	78,8

Le bassin versant de la Giscle est formé de trois entités topographiques distinctes :

1 / La plaine du fond du Golfe de Saint-Tropez et les plaines alluviales situées sur les parties terminales des affluents de la Giscle. Cette zone plane est constituée principalement de vignobles et de zones construites.

2 / Les coteaux, zone de piémont où se situe la majorité des vignobles touchés par l'érosion hydrique.

3 / Les versant des collines laissant place à un couvert forestier de type méditerranéen.

III - MÉTHODOLOGIE

La cartographie de l'érosion a été effectuée à partir d'observations de terrain sur un secteur référence constitué de cinq domaines viticoles. Ces observations ont permis l'identification des facteurs principaux à l'origine de l'érosion. Les relations statistiques élaborées sur ces données ont ensuite été étendues à l'ensemble des parcelles agricoles du bassin versant. Les différentes étapes de l'étude sont décrites ci-après.

1) Le secteur référence

Le secteur référence, d'une superficie d'environ 5 km², porte une cinquantaine de parcelles de vigne (superficies de 0,1 à 4,1 ha ; moyenne : 0,60 ha ; médiane : 0,48 ha) appartenant à cinq domaines viticoles. Il englobe des bas de versants ainsi que des zones de plaine, les deux entités topographiques où se localisent les parcelles de vigne sur l'ensemble du bassin versant.

Les caractères topographiques du secteur référence sont représentatifs des parcelles de l'ensemble du bassin versant. Comme le montre la figure 2, la distribution des inclinaisons de la pente est similaire, dans le secteur, à celle de l'ensemble de la zone viticole ($r = 0,94$). Les écarts pour une pente donnée sont toujours inférieurs à 5 %. Les pentes fortes sont légèrement

surreprésentées et les pentes faibles légèrement sous-représentées.

La distribution des pentes dans la zone référence (0 à 29 % ; moyenne : 8,1 % ; médiane : 7,1 %) peut être considérée comme représentative de l'ensemble du parcellaire agricole.

Les deux pratiques culturales utilisées sur l'ensemble du bassin versant sont mises en œuvre par les domaines viticoles sélectionnés :

1 / Certaines parcelles, désherbées chimiquement, ne sont pas labourées. La surface du sol est nue. Elle présente une croûte de battance structurale avec couverture de graviers.

2 / Les autres parcelles sont labourées au printemps, alors qu'en hiver elles sont spontanément envahies par des herbes. Celles-ci assurent au sol un taux de couverture variable d'un endroit à l'autre. En surface, le sol est fortement désagrégé, surtout immédiatement après le labour.

2) L'estimation des taux d'érosion

L'érosion hydrique des sols s'effectue en deux phases :

1 / Une phase de détachement des particules, notamment sous l'impact des gouttes de pluies.

2 / Une phase de transports des particules assurée par le ruissellement, soit diffus, soit concentré (W.D. ELLISON, 1945). Cette deuxième phase débute par l'apparition de petites griffures qui, en se concentrant, se transforment en rigoles et ravines.

a. Les mesures de l'érosion diffuse

L'érosion diffuse a été estimée pendant les mois de février et mars 2001 à l'aide de placettes expérimentales délimitées par une bordure en plastique dépassant du sol d'au moins 5 cm (Photo 1). L'eau de ruissellement était collectée grâce à une gouttière positionnée à l'exutoire de la placette, un tuyau d'arrosage de 8 m de long, et un bidon collecteur d'une contenance de 70 litres enterré dans le sol à une profondeur d'environ 50 cm. Six placettes de 1,4 m² ont été mises en

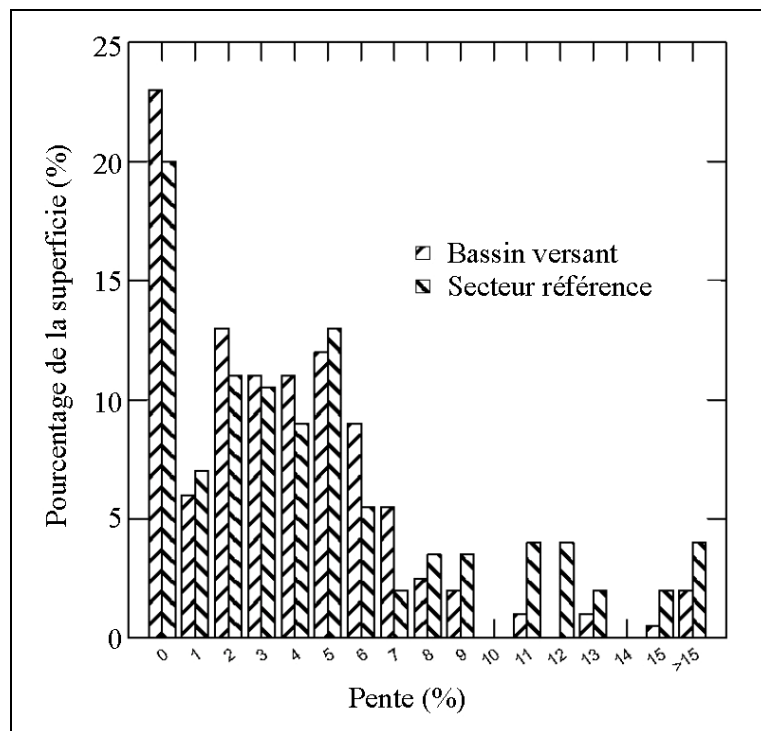


Figure 2 - Distribution des pentes sur l'ensemble du parcellaire agricole et sur le secteur référence.

place sur une parcelle où l'inclinaison de la pente était de 5 % (Photo 2). Au début de l'expérimentation, le sol de trois placettes a été retourné à l'aide d'une bêche jusqu'à une profondeur d'une quinzaine de cm, afin de créer un état de surface similaire à celui pouvant résulter d'un labour superficiel. Les trois autres placettes ont servi de témoins. L'analyse a porté sur quatre épisodes pluvieux. Après chaque événement pluvieux, le volume d'eau de ruissellement capté a été noté et un échantillon homogénéisé prélevé pour déterminer la charge solide.

La taille des placettes ($1,4 \text{ m}^2$) est relativement petite. Elle correspond approximativement à celle des placettes traitées par simulation de pluie (1 m^2), méthode utilisée dans les études sur le ruissellement et l'érosion en terrain viticole menées dans le vignoble varois (J.M. VIGUIER, 1993), en Ardèche (D. BLAVET *et al.*, 2004) ou dans l'Hérault (P. ANDRIEUX, 2006). Mais l'étude des flux sur toute la longueur des interrangs, comme celle réalisée par J.M. VIGUIER (1993), nécessite la mise en œuvre de moyens très lourds, incompatible avec un suivi sur une courte durée.

Le ruissellement et les transports solides mesurés sur une placette de petite taille ne sont pas représentatifs des phénomènes à l'échelle de la parcelle. Toutefois la taille des placettes nous a été imposée par des contraintes pratiques de mise

en place et de suivi. Comme la simulation de pluie, à laquelle nous n'avons pas eu accès, les observations sur petites placettes soumises à des pluies naturelles renseignent sur les possibilités d'apparition du ruissellement et sur l'érodibilité des sols. Les taux d'érosion mesurés ne sont pas extrapolables à des superficies plus grandes.

b. L'érosion linéaire

L'érosion linéaire a été quantifiée en mesurant le volume des rigoles sur chaque parcelle viticole. La méthode consiste à mesurer la surface d'une section transversale de rigole. Cette surface est ensuite utilisée pour calculer le volume évidé pour chaque longueur de rigole présentant une section approximativement constante. Le volume global d'une rigole a été estimé en additionnant les volumes calculés sur les longueurs homogènes. Cette méthode, appliquée à toutes les rigoles d'une parcelle, permet d'évaluer le volume de terre érodé par érosion linéaire (Z. PINCZES, 1979). Les mesures d'érosion linéaire ont été effectuées pour l'essentiel au mois de janvier 2001. Elles intègrent les effets des pluies de septembre à décembre 2000 (653 mm à Sainte-Maxime, dont 431 mm en novembre et décembre), pluies qui ont été fortement excédentaires par rapport à la moyenne (voisine de 410 mm).

La densité apparente d'un sol avoisinant $1,3 \text{ t/m}^3$, l'érosion linéaire d'une parcelle a été convertie en masse en multipliant le volume par la densité apparente ; et ensuite en tonnes par hectare (t/ha) en rapportant la masse érodée à la superficie de la parcelle.

Beaucoup des rigoles présentes sur les parcelles non labourées peuvent avoir plusieurs années d'existence et il est difficile de distinguer entre les rigoles annuelles et pluri-annuelles. Cependant, afin d'éviter une surestimation grossière des taux d'érosion, toutes les valeurs ont été divisées par l'âge de la plantation (de 1 à 53 ans ; moyenne : 12,9 ans ; médiane : 5 ans), afin d'obtenir une valeur moyenne annuelle en t/ha/an. Cette estimation est certainement plus faible que les taux réels, car certaines rigoles sont effacées chaque année du fait du passage d'engins (tracteurs, vendangeuses). Les rigoles les plus importantes sont en général situées en limite de parcelle ou l'écoulement de plusieurs rangs se concentre. Ces rigoles sont donc laissées en place chaque année, car elles sont hors de la zone de travail du sol. Les analyses statistiques portant sur les facteurs significatifs font ressortir les mêmes variables explicatives pour l'érosion en t/ha et en t/ha/an. L'erreur introduite influe donc peu sur la caractérisation des facteurs dominants.

3) Caractérisation des facteurs de l'érosion linéaire

À l'instar du USLE (W.H. WISCHMEIER et D.D. SMITH, 1978), l'approche statistique, adoptée pour déterminer les facteurs déterminants est empirique. Elle est basée sur des mesures de terrain permettant de quantifier les pertes de sol et de discerner l'influence des différents facteurs de l'érosion hydrique dans le secteur référence.

La pluviométrie de la zone pouvant être considérée comme homogène, les facteurs mesurés ont été les suivants : la pente, l'orientation des rangées de vigne par rapport à la direction de la plus grande pente, l'âge des vignes, l'enherbement des parcelles, la présence d'un micro-thalweg dans la parcelle, et l'apport ou non de ruissellement provenant de l'extérieur de la parcelle.

Une analyse de covariance a permis de retenir quatre de ces facteurs ($P \leq 0,05$) :

1 / La pente moyenne de chaque parcelle a été estimée à l'aide d'un MNT (maille de 50 m).

2 / Le taux d'enherbement a été quantifié à l'aide d'observations visuelles. La couverture végétale des parcelles de vigne correspondant à un enherbement naturel a été différenciée en deux classes : peu ou pas d'enherbement, bien enherbée.

3 / Les indications sur le facteur "travail du sol" proviennent des informations collectées chez les viticulteurs et d'observations de terrain. Deux classes sont distinguées : labour et non-labour.

4 / L'orientation de la vigne par rapport à la pente maximale : une donnée quantitative mesurée sur le terrain ou 0° correspond à un alignement des rangs selon la pente maximale et 90° représente un alignement qui lui est perpendiculaire. Toutes les valeurs intermédiaires sont admises.

IV - RÉSULTATS

1) L'érosion diffuse

Les données acquises lors de quatre événements ont servi à l'estimation des pertes en terre par érosion diffuse (Tableau II).

Tableau II - Précipitations journalières mesurées à un pluviomètre implanté sur le secteur référence lors des épisodes ayant donné lieu à des mesures d'érosion sur les placettes.

Date	Pluie totale (mm)
19/02/2001	22,0
2/03/2001	27,5
9/03/2001	25,0
16/03/2001	15,5

Pour trois des quatre épisodes observés, les coefficients de ruissellement ont été plus forts sur les parcelles non labourées que sur les parcelles retournées (Fig. 3). Cette observation rejoint les

résultats obtenus par d'autres auteurs en terrains viticoles (J.M. VIGUIER, 1993 ; D. BLAVET *et al.*, 2004 ; P. ANDRIEUX, 2006). J. M. VIGUIER a montré que sur les sols sur grès de la dépression

permienne circum-mauresque, la lame d'eau précipitée en dessous de laquelle aucun ruissellement ne se produit est plus élevée en terrain labouré (15 mm) qu'en terrain défriché chimiquement (9 mm) et que l'intensité des précipitations nécessaire au déclenchement de l'écoulement de surface est également supérieure dans le premier cas de figure (4 mm/h, contre 2 mm/h). Certes, la présence de graviers à la surface des parcelles non travaillées pourrait contribuer à inhiber la

formation d'une croûte de battance et favoriser l'infiltration. Mais pour que cet effet soit sensible, il faudrait que les graviers soient posés sur une surface perméable et ne soient pas imbriqués dans une croûte. Dans le cas des placettes étudiées, la surface n'ayant pas été retournée depuis de nombreuses années, les graviers sont entièrement enfoncés dans une croûte de battance bien développée. Ils n'induisent donc aucun effet bénéfique sur l'infiltration.

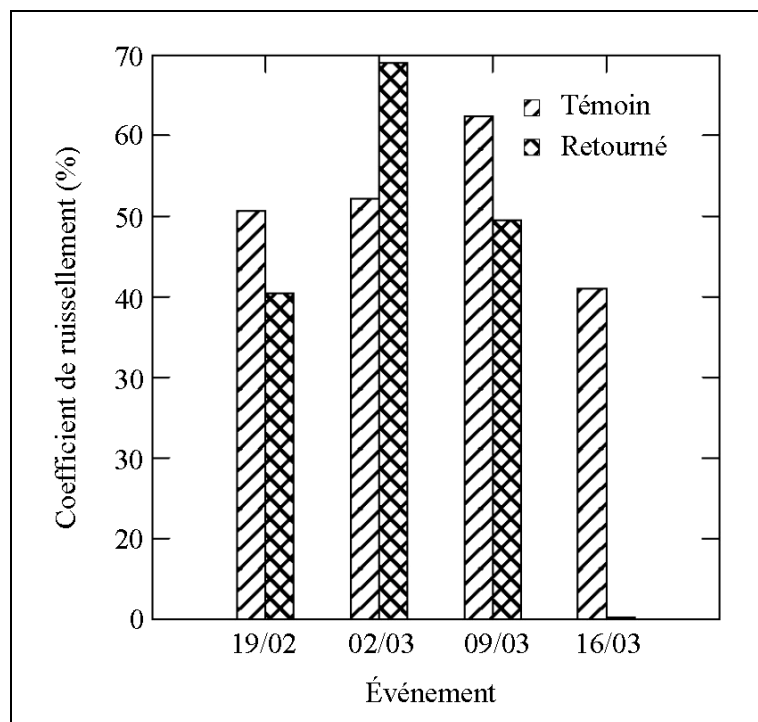


Figure 3 - Coefficients de ruissellement moyens pour les événements pluvieux.

L'événement du 2 mars constitue une exception que nous ne sommes pas en mesure d'expliquer. Faute d'avoir disposé d'un pluviographe, il nous est impossible de déterminer si cette inversion de tendance est liée ou non à l'intensité de la pluie. Les données sur l'érosion (Fig. 4) donnent à penser que l'intensité de la pluie a été relativement faible, ce qui serait tout de même surprenant compte tenu du coefficient de ruissellement trouvé pour les parcelles retournées.

Si les coefficients de ruissellement sont généralement plus bas sur les placettes retournées que sur celles non labourées, les taux d'érosion y sont au contraire de 3 à 6 fois plus élevés (Fig. 4), sauf pour le dernier événement pour lequel il y a eu très peu de ruissellement. Si les graviers présents en surface ne favorisent pas une meilleure infiltration, ils protègent le sol de

l'impact des gouttes de pluie et réduisent ainsi le détachement de particules. Retourner la surface du sol augmente légèrement l'infiltration, mais en contrepartie la mobilisation des éléments est facilitée, la croûte de battance et les amorces de pavage étant régulièrement détruits.

Pour les quatre événements étudiés, l'érosion diffuse moyenne avoisine 0,15 t/ha pour les placettes travaillées et 0,05 t/ha pour les placettes témoins. Ces données ne permettent pas d'évaluer, même grossièrement, les pertes de terre que les parcelles de vigne sont susceptibles de subir sous l'effet de l'érosion en nappe. La petite taille des placettes représente bien sûr un premier obstacle. Mais il faut aussi tenir compte de l'extrême variabilité des phénomènes d'érosion en fonction des conditions pluviométriques.

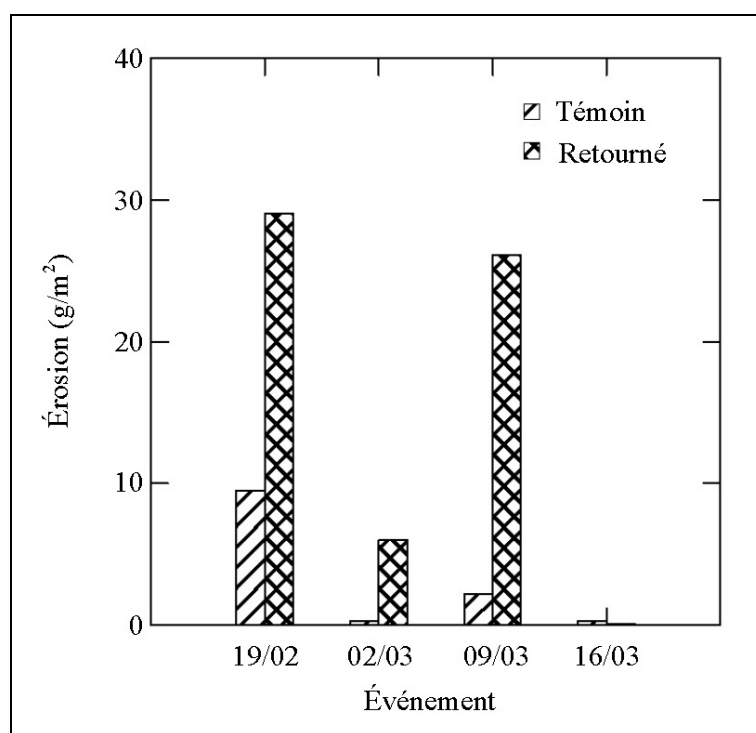


Figure 4 - Valeurs moyennes de l'érosion diffuse sur les placettes.

Dans l'avenir, l'érosion diffuse pourrait être plus précisément estimée en utilisant une méthode fondée sur les caractères granulométriques de la couche superficielle des sols (C. MARTIN, 2006).

2) L'érosion linéaire

Les données concernant l'érosion linéaire sur le secteur référence sont présentées sur la figure 5. Certaines parcelles montrent des formes spectaculaires (Photos 3 et 4). Les taux d'érosion vont de 0 à 146 t/ha/an, avec une moyenne des valeurs de 18,1 t/ha/an, et une médiane de 0,39 t/ha/an seulement.

Deux des trois parcelles présentant les taux d'érosion les plus élevés, n'ont pas été prises en compte pour l'analyse statistique des données d'érosion. En effet, implantées récemment sur des terrasses de culture créées au bulldozer dans des zones fragiles, elles ne sont pas représentatives du parcellaire viticole du bassin de la Giscle.

Du fait de la distribution non normale des données, l'analyse statistique a porté sur le logarithme décimal des valeurs d'érosion. Le log10 de 0 étant indéfini, seules les parcelles avec un taux d'érosion supérieur à 0 (au nombre de 33, sur 51) ont été prises en compte et seuls les facteurs

ayant une valeur de probabilité égale ou inférieure à 0,05 ont été retenus. L'inclinaison de la pente, le taux d'enherbement, et le travail du sol expliquent à eux seuls 83 % de la variance :

- Une pente forte, en donnant au ruissellement une grande énergie, favorise évidemment la formation de rigoles puis de ravines (É. ROOSE, 1994). La disposition des rangs de vigne parallèlement à la pente est favorable à l'érosion. Mais sur les versants fortement inclinés, des rigoles peuvent se former même lorsque les rangs sont perpendiculaires à la pente (J.M. VIGUIER, 1993).
- En protégeant le sol de l'impact des gouttes de pluie (ce qui empêche la formation d'une pellicule de battance), en freinant les écoulements de surface et en stabilisant la partie superficielle du sol envahie par le réseau racinaire, une couverture herbeuse participe utilement à la lutte contre l'érosion. Elle est particulièrement souhaitable quand la vigne n'est pas en période végétative et qu'il n'y a pas de risque de compétition pour l'eau.
- Le travail du sol a des effets plus nuancés. Certes, il limite généralement le ruissellement et l'érosion. Mais cet effet est limité dans le temps. De plus, une forte érosion peut se produire lorsque le travail est effectué, en période pluvieuse, avant une pluie très intense (P. ANDRIEUX, 2006).

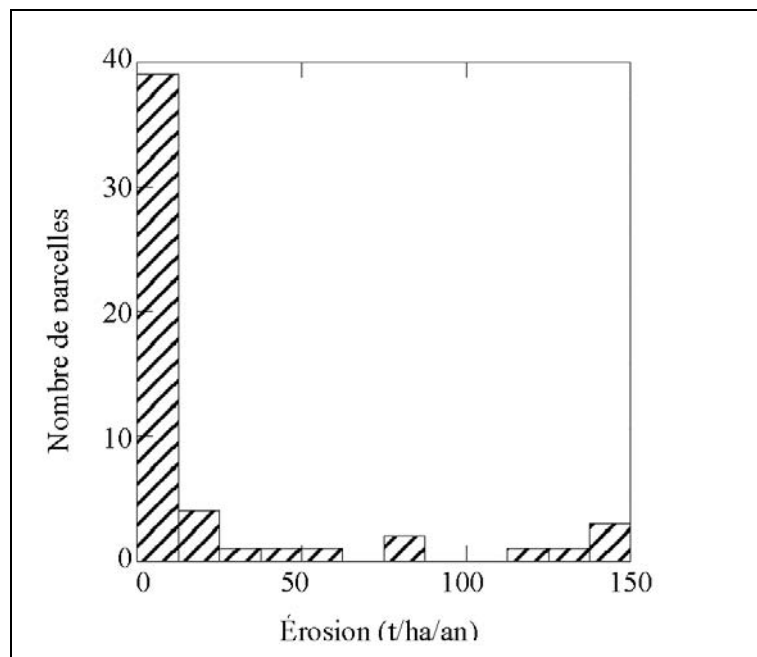


Figure 5 - Pertes de sol par érosion linéaire des parcelles du secteur référence.

Dans le secteur référence, le rôle de la longueur des parcelles (B. LUDWIG *et al.*, 1996) n'apparaît pas discriminant.

Les valeurs d'érosion obtenues sur les parcelles du secteur référence ont été extrapolés à la quasi-totalité du parcellaire viticole du bassin versant, en utilisant le logiciel SYSTAT. Celui-ci estime les pertes de terre des parcelles où il n'a pas été fait de mesure de l'érosion linéaire, en exploitant la connaissance des variables explicatives. L'approche ne tient pas compte de l'hétérogénéité spatiale des précipitations sur le terrain d'étude.

Pour réaliser cette extrapolation, nous avons regroupé, en lots homogènes, les parcelles semblables voisines. Soixante lots ont ainsi été constitués, qui présentent des pentes de 1,7 à 25 %. Les taux d'érosion annuels moyens obtenus sont compris entre 0,13 et 43,7 t/ha/an, avec une médiane des valeurs de 0,42 t/ha/an et une moyenne de 2,96 t/ha/an.

Trois classes de risque ont été définies arbitrairement à partir des valeurs d'érosion estimées : faible (< 10 t/ha/an), moyen (de 10 à 25 t/ha/an), fort (≥ 25 t/ha/an) (Fig. 6).

Certes, l'approche est biaisée par les incertitudes sur l'effacement de certaines rigoles et par les différences d'âge entre les plantations d'une parcelle à l'autre. Les valeurs d'érosion sont donc quelque peu discutables, mais la démarche n'en

permet pas moins une spatialisation des phénomènes.

Aucune tendance spatiale n'ayant été remarquée pour les techniques de travail du sol ni pour la présence ou non d'un enherbement important, les parcelles à faible risque d'érosion se trouvent en majorité dans la partie inférieure de la vallée, secteur où les pentes sont modestes. Au contraire, les parcelles à fort risque d'érosion sont essentiellement localisées dans les parties amont, là où les versants sont plus inclinés. L'impact de la valeur de l'inclinaison est accentué par la relation qui lie la direction de la pente à celle des rangs de vigne. En effet, les traitements de la vigne et la récolte du raisin à la machine à vendanger nécessitent, sur coteau, que les rangs soient parallèles à la pente du versant. Dans ce cas, le ruissellement dans l'interrang ne rencontre pas d'obstacle.

V - CONCLUSION

La mesure des rigoles permet une approche efficace de l'érosion linéaire. En revanche, le suivi sur une courte période de petites parcelles expérimentales aboutit à des résultats très fragmentaires, non extrapolables dans le temps et dans l'espace. L'existence d'un pavage sur les parcelles non labourées prouve que l'érosion diffuse est efficace. Par une analyse granulométrique de ce pavage, il sera possible de quantifier les pertes de terre qui ont conduit à sa formation, puis de



Photo 1 - Une placette expérimentale.



Photo 2 - Les six placettes expérimentales alignées sur une parcelle de vigne.



Photo 3 - Érosion linéaire sur pente forte.



Photo 4 - Ravine dans un interrang orienté dans le sens de la pente.

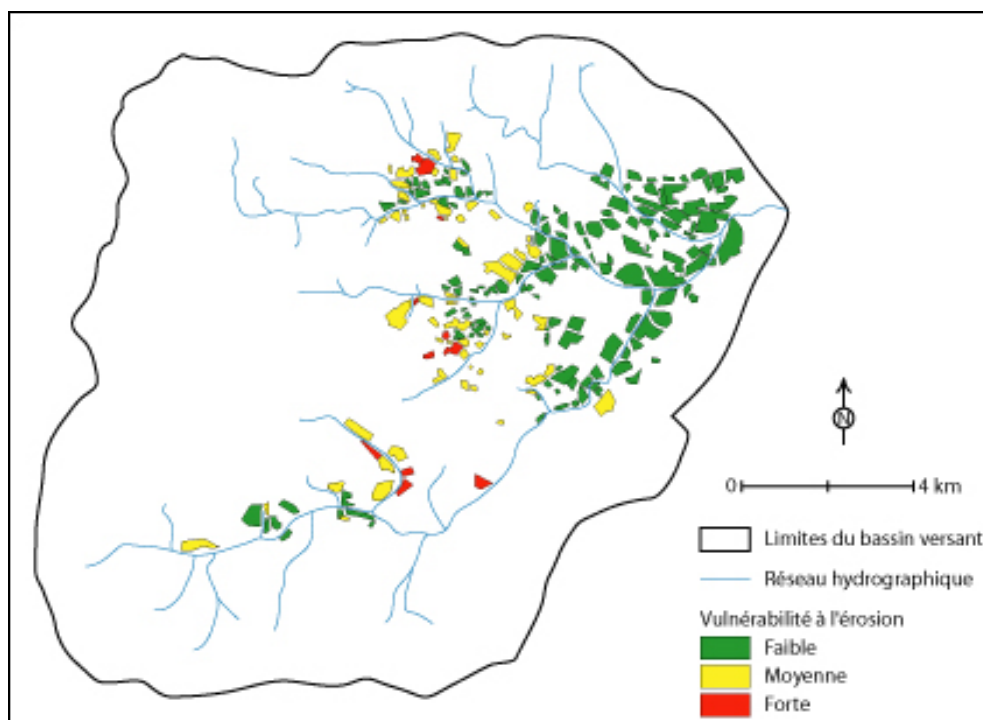


Figure 6 - Carte des risques d'érosion sur le parcellaire du bassin versant.

suivre l'évolution des phénomènes. Ainsi sera-t-il possible d'étendre à l'érosion diffuse la stratégie consistant à utiliser une zone référence, où sont effectuées les observations dont les résultats sont ensuite extrapolés après croisement avec les paramètres explicatifs.

L'identification des facteurs de l'érosion linéaire a été réalisée à l'aide de techniques statistiques qui ont permis de retenir quatre d'entre

eux : l'inclinaison de la pente, l'enherbement des parcelles, le travail du sol et l'orientation des rangs de vigne. L'extrapolation des résultats à l'ensemble du parcellaire viticole a été facilitée par l'utilisation d'un SIG. La répartition spatiale des valeurs de l'érosion linéaire sur le bassin versant traduit surtout l'influence de l'inclinaison des parcelles, les autres facteurs ayant une répartition spatiale homogène.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDRIEUX P. (2006) - *Effets des pratiques culturales sur le ruissellement et l'érosion. Vigne, sol et environnement, une rencontre profession-recherche en Languedoc-Roussillon (Montpellier 2006)*. www.montpellier.inra.fr/vignesolenv/actes/ANDRIEUX.pdf.
- BLAVET D., DE NONI G., ROOSE É., MAILLO L., LAURENT J.Y. et ASSELINE J. (2004) - Effets des techniques culturales sur les risques de ruissellement et d'érosion en nappe sous vigne en Ardèche (France). *Sécheresse*, vol. 15, n° 1, p. 111-120.
- ELLISON W.D. (1945) - *Some effects of rain-drops and surface flow on soil erosion and infiltration*. *Trans. Am. Geophys. Un.*, vol. 26, 415 p.
- LUDWIG B., AUZET A.V., BOIFFIN J., PAPY F., KING D. et CHADŒUF J. (1996) - États de surface, structure hydrographique et érosion en rigole de bassins versants cultivés du Nord de la France. *Étude et Gestion des Sols*, vol. 3, n° 1, p. 53-70.
- MARTIN C. (1986) - *Contribution à l'étude de la dynamique des versants en roches métamorphiques ; l'exemple du massif des Maures*. Thèse de Doctorat d'État, Paris I, 935 p.
- MARTIN C. (2006) - Quantification de l'érosion diffuse à partir du pavage sur sols graveleux et caillouteux. *Ét. Géogr. Phys.*, n° XXXIII, p. 33-56.
- PINCZES Z. (1979) - The effect of groundfrost on soil erosion. *Actes du colloque sur l'érosion agricole des sols en milieu tempéré non méditerranéen* (Strasbourg, Colmar, 1978), p. 107-112.
- PORTIER J. (1974) - *Carte pédologique Toulon au 1/100 000*. Carte pédologique de la France à moyenne échelle, Publication n° 3, Édit. INRA, notice explicative, 130 p.
- ROOSE E. (1994) - *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*. Bulletin pédologique de la FAO, n° 70, réimprimé en 1999, 420 p.
- VIGUIER J.M. (1993) - *Mesure et modélisation de l'érosion pluviale : Application au vignoble de Vidauban (Var)*. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille III, 335 p.
- WISCHMEIER W.H. et SMITH D.D. (1978) - *Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning*. USDA Agriculture Handbook, vol. 537. 57 p.